

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан

А. Г. Коротаев

Оценочные материалы по дисциплине

Синхротронное излучение: генерация и регистрация

по направлению подготовки / специальности

03.04.03 Радиофизика, 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:

Цифровые технологии фотоники и радиофизики

Форма обучения

Очная

Квалификация

инженер-исследователь

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

А.П. Коханенко

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

БК-2 Способен использовать научные методы для решения профессиональных задач.

ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики, радиофизики и радиоэлектроники для решения научно-исследовательских задач

ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи.

ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОБК-2.1 Знает: основные методы научных исследований

РООПК-1.2 Организует проведение научного исследования и разработку в области профессиональной деятельности

РОПК-2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы

РОПК-2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы

РОПК-2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы

РОПК-3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач

РОПК-3.3 Обрабатывает и анализирует результаты исследований

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- устные опросы по лекционному материалу
- лабораторные работы.

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения устных опросов по лекционному материалу, выполнения лабораторных заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. В ходе контроля проверяется достижение обучающимися следующих результатов обучения: РОПК-2.1 (Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы), РОПК-2.2 (Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы), РОПК-2.3 (Проводит компьютерное моделирование устройства или системы), РОПК-3.3 (Обрабатывает и анализирует результаты исследований).

Примерный перечень вопросов для самостоятельной работы студентов

- 1) Классификация источников синхротронного излучения.
- 2) Что такое ионизационные потери?
- 3) В чем заключается фотоэффект при взаимодействии фотонов с веществом?
- 4) Что такое комптоновское рассеяние?
- 5) Принцип метода Монте-Карло при моделировании взаимодействия частиц с веществом.
- 6) Что такое квантовая эффективность детектора?
- 7) Что такое пространственное разрешение детектора?
- 8) Принцип работы газовых детекторов.
- 9) Принцип работы полупроводниковых детекторов.

- 10) Принцип работы детектора на основе сцинтилляционного экрана с ПЗС-/КМОП-матрицей.
- 11) Чем определяется длительность импульса наведенного тока в детекторах?
- 12) Принцип согласования измерительного тракта для детектирования в системах с длинными линиями.

Примерный перечень тем лабораторных работ

- 1) Изучение инструментария программ для моделирования взаимодействия элементарных частиц с веществом: GEANT4 и FLUKA (задание объекта и расчетной сетки, выбор и установка параметров элементарных частиц, выбор моделей взаимодействия частиц с веществом).
- 2) Пространственное разрешение микрополоскового кремниевго детектора. Моделирование взаимодействия узкого пучка фотонов с материалом детектора. Зависимость пространственного разрешения от энергии фотонов.
- 3) Квантовая эффективность. Моделирование прохождения однородного пучка фотонов через полупроводниковые и газовые детекторы. Расчет зависимости квантовой эффективности от энергии фотонов для кремниевго, GaAs микрополосковых детекторов и ксеноновой ионизационной камеры от энергии и толщины.
- 4) Пространственные корреляции. Моделирование автокорреляционной функции и спектра мощности шума для кремниевго микрополоскового детектора и ксеноновой ионизационной камеры в зависимости от энергии фотонов.
- 5) Измеряемая квантовая эффективность. Моделирование измеряемой квантовой эффективности кремниевго микрополоскового детектора в зависимости от энергии фотонов, толщины, потока фотонов и шума электроники.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Зачет с оценкой в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность зачета с оценкой 1 час. В ходе контроля проверяется достижение обучающимися следующих результатов обучения: РОБК-2.1 (Знает: основные методы научных исследований), РООПК-1.2 (Организует проведение научного исследования и разработку в области профессиональной деятельности), РОПК-3.1 (Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач).

Примерный перечень теоретических вопросов для подготовки к дифференцированному зачету

- 1) Генерация синхротронного излучения (СИ), ондуляторное излучение, вигглеры и ондуляторы.
- 2) Основные свойства СИ. Классификация источников СИ. Источник СИ СКИФ.
- 3) Взаимодействие элементарных частиц с веществом. Тяжелые заряженные частицы, ионизационные потери, многократное рассеяние. Взаимодействие электронов с веществом.
- 4) Взаимодействие фотонов с веществом, фотоэффект, комптоновское рассеяние, рэлеевское рассеяние.
- 5) Детекторы заряженных частиц и фотонов. Основные понятия. Квантовая эффективность и пространственное разрешение. Измеряемая квантовая эффективность (DQE). Пространственные корреляции и их влияние на DQE.
- 6) Ионизационные камеры. Пропорциональные счетчики, многопроволочные пропорциональные камеры.

- 7) Ионизационные камеры. Дрейфовые камеры, время-проекционные камеры. Микроструктурные газовые детекторы, газовый электронный умножитель.
- 8) Сцинтилляционные детекторы. Типы сцинтилляционных материалов, кристаллические сцинтилляторы, органические сцинтилляторы. Сцинтилляторы с памятью, image-plate.
- 9) Вакуумные фотоприемники, устройство вакуумного фото-электронного умножителя, Электронно-оптический преобразователь, стрик-камера, газовый фотоумножитель.
- 10) Устройство пин-фотодиода, микрополосковый детектор, матричный (пиксельный детектор).
- 11) Лавинный фотодиод, кремниевый фотоумножитель. МОП-ячейка, ПЗС- и КМОП-матрицы.
- 12) Детекторы на основе сцинтилляционного экрана с ПЗС- /КМОП-матрицей. Типы оптической связи. Приборы на основе аморфного кремния, плоскостные детекторы.
- 13) Наведенные токи и напряжения. Теорема Рамо-Шокли, емкостная матрица, эквивалентные схемы.
- 14) Сигналы в ионизационных камерах, кремниевых детекторах, газовых электронных умножителях, лавинных фотодиодах, кремниевых фотоумножителях, микрополосковых детекторах, матричных (пиксельных) детекторах.
- 15) Среда с проводимостью. Изменяющиеся во времени весовые поля. Сигналы в детекторах с резистивными поверхностями. Необходимые кремниевые сенсоры.
- 16) Распространение сигналов в детекторах. Длинные линии, согласование. Преобразование сигналов, шум, оптимальная фильтрация.

Студент, не аттестованный в контрольной точке, не допускается к сдаче экзамена.
Результаты зачета определяются оценками согласно таблице.

Компетенция	Индикатор компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
БК-2 Способен использовать научные методы для решения профессиональных задач.	РОБК-2.1 Знает: основные методы научных исследований	Не имеет представления о методах генерации и регистрации синхротронного излучения	Имеет самые общие представления о генерации и регистрации синхротронного излучения	Описывает с неточностями методы генерации и регистрации синхротронного излучения	Знает и уверенно излагает методы генерации и регистрации синхротронного излучения

ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области физики, радиофизики и радиоэлектроники для решения научно-исследовательских задач	РООПК-1.2 Организует проведение научного исследования и разработку в области профессиональной деятельности	Не имеет представления о научных исследованиях и разработках с использованием синхротронного излучения	Имеет самые общие представления о научных исследованиях и разработках с использованием синхротронного излучения	Описывает с неточностями суть научных исследований и разработок с использованием синхротронного излучения	Знает и уверенно излагает основные типы научных исследований и разработок с использованием синхротронного излучения; демонстрирует знание деталей и особенностей различных типов исследований.
ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач.	РОПК-3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач	Не знает принципов действия источников и детекторов синхротронного излучения	Может описать в общих чертах принцип действия источников или детекторов синхротронного излучения.	Описывает с неточностями принципы действия источников и детекторов синхротронного излучения	Уверенно принципы действия источников и детекторов синхротронного излучения, не допуская ошибок.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Вопросы теста для оценки остаточных знаний по дисциплине
(верные ответы выделены курсивом)

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Что такое ионизационные потери?	а) энергетические потери собственных ионов вещества; б) потери заряда инородных ионов в веществе; в) <i>энергетические потери заряженных частиц на ионизацию вещества.</i>
2	Что такое квантовая эффективность детектора?	а) характеристика, показывающая эффективность поглощения квантов в детекторе; б) <i>характеристика, показывающая эффективность преобразования энергии квантов в электрический заряд;</i> в) характеристика, показывающая

		экономическую эффективность изготовления квантовых сенсоров.
3	В какой области происходит поглощение квантов в газовых детекторах?	а) в области электродов; б) в области катода; в) в области анода; г) <i>в межэлектродной области.</i>
4	В какой области происходит поглощение квантов в полупроводниковых детекторах?	а) в области электродов; б) в области катода; в) в области анода; г) <i>в межэлектродной области.</i>
5	Какие эффекты наблюдаются при взаимодействии фотонов с веществом?	а) поглощение фотонов, генерация кварков; б) <i>фотоэффект, комптоновское рассеяние, рэлеевское рассеяние;</i> в) комптоновское рассеяние, рэлеевское рассеяние, вынужденное излучение.
6	Чем отличается микрополосковый детектор от матричного (пиксельного детектора)?	а) в микрополосковых детекторах сигнал снимается через согласованные микрополосковые линии, а в матричных согласование не реализуется; б) волновое сопротивление микрополосковых линий микрополоскового детектора подбирается таким образом, чтобы оно было много меньше волнового сопротивления пикселей матричного детектора; в) <i>микрополосковый детектор используется для измерения распределения вдоль одной координаты, а матричный детектора – вдоль двух координат;</i> г) микрополосковый детектор используется для измерения распределения вдоль двух координат, а матричный детектор – вдоль трех координат.
7	Какая программа используется для моделирования взаимодействия элементарных частиц с веществом?	а) Microsoft Office; б) <i>FLUKA;</i> в) LabView; г) Particles_Pro.
8	Чем определяется длительность импульса наведенного тока в детекторах?	а) количеством детектируемых частиц в 1 секунду; б) <i>временем дрейфа сгенерированного при поглощении заряда;</i> в) временем зарядки собственной емкости детектора; г) энергией поглощенной частицы.
9	Что такое синхротрон?	а) <i>циклический ускоритель частиц;</i> б) ускоритель, в котором элементарные частицы двигаются синхронно друг с другом; в) это то же самое, что синхрофазотрон.
10	В чем назначение сцинтилляционного экрана в детекторах с ПЗС- /КМОП-	а) он применяется для улучшения пространственного разрешения детектора; б) он применяется для преобразования энергии

	матрицей?	детектируемых частиц в фотоны оптического диапазон; в) он применяется для повышения быстродействия ПЗС- /КМОП-компонентов.
--	-----------	---

Информация о разработчиках

Шехтман Лев Исаевич, доктор физико-математических наук, Томский государственный университет, ведущий научный сотрудник.